

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

ISPETTORATO GENERALE PER LA CIRCOLAZIONE E LA  
SICUREZZA STRADALE

DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI TEMI DI RICERCA PER IL  
MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DELLE  
INFRASTRUTTURE NEL BREVE, MEDIO E LUNGO  
PERIODO

**SCHEDA 1**

**Impatti della segnaletica sulla sicurezza**

Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti

Università degli Studi di Messina - Dipartimento di Costruzioni e Tecnologie Avanzate

Napoli, 9 ottobre 2000

## INDICE

<b>1</b>	<b>MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA.....</b>	<b>3</b>
1.2	Stato dell'arte .....	4
1.2.1	SEGNALI VERTICALI .....	4
1.2.2	SEGNALI ORIZZONTALI .....	12
1.2.3	SEGNALI LUMINOSI.....	16
1.2.4	SEGNALI E ATTREZZATURE COMPLEMENTARI .....	17
1.2.5	IL FATTORE UMANO .....	24
<b>2</b>	<b>MODALITÀ DI ESECUZIONE .....</b>	<b>31</b>
2.1	Tempi, Risorse e Costi.....	33
2.2	Modalità di archiviazione dei dati e dei risultati conseguiti .....	34
<b>3</b>	<b>QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE.....</b>	<b>35</b>
3.1	Competenze necessarie.....	35
3.2	Criteri di aggiudicazione e di collaudo .....	35

# 1 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA

## 1.1 MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA

La segnaletica rappresenta il mezzo di comunicazione agli utenti della strada (automobilisti, pedoni, ciclisti, ecc.) di una determinata scelta di organizzazione della circolazione. Anche il migliore modello di organizzazione della circolazione, se rappresentato con un sistema segnaletico poco chiaro, non dà i risultati attesi per la fluidità della circolazione. La segnaletica rappresenta un elemento determinante per la sicurezza. I dati ISTAT sugli incidenti stradali individuano nella guida distratta e indecisa una delle cause più ricorrenti dei sinistri. Molto spesso tale comportamento deriva proprio dall'assenza o dalla inadeguatezza della segnaletica stradale, dalla sua collocazione irregolare e dalla mancanza di manutenzione, con oggettive responsabilità degli enti proprietari, concessionari e gestori di strade (1).

Un'indagine condotta su un campione rappresentativo di tutta la rete viaria italiana, basata su rilevazioni sul campo in 155 comuni di 31 province italiane, ha rilevato le caratteristiche di tutti i segnali presenti, compresi i valori relativi alle caratteristiche colorimetriche e di rifrangenza. Sono emerse condizioni molto variabili, frutto di interventi a "macchia di leopardo" e di una non corretta programmazione. I problemi maggiori sono prevalentemente legati alla sostituzione dei segnali: sono troppo numerosi, troppo vecchi, spesso con figure non conformi al Nuovo Codice della Strada. Si è evidenziato il problema della mancanza o della imprecisione dei necessari timbri sul retro, così come, in molti casi, la mancata adozione della giusta classe di pellicola retroriflettente. Si sono riscontrati problemi non minori riguardo alla segnaletica orizzontale e spesso la sua totale assenza in prossimità di incroci ed attraversamenti laddove è proprio il mancato rispetto della precedenza o dello stop la causa più ricorrente di incidenti stradali (2). Si verificano, inoltre, esempi di errato impiego di segnali, di mancata modifica della segnaletica orizzontale coordinata con quella verticale, mancata pubblicità della modifica di regime o geometria degli incroci, della variazione o istituzione di sensi unici, non tenendo conto che la maggior parte dei conducenti che percorrono una strada ne sono frequentatori abituali e quindi procedono come automi, senza prestare la dovuta attenzione alla segnaletica (3) (4) (5) (6).

In considerazione delle numerose problematiche inerenti l'adeguamento della segnaletica esistente e la redazione dei progetti di segnalamento, sono indispensabili studi per identificare l'influenza della segnaletica sulla sicurezza e per definire regole comuni per la sua installazione.

## 1.2 STATO DELL'ARTE

Secondo l'art. 38 del Codice della strada, la segnaletica stradale è suddivisa nei seguenti gruppi, per ognuno dei quali si sono descritte le applicazioni più significative sulla sicurezza:

1. Segnali verticali;
2. Segnali orizzontali;
3. Segnali luminosi;
4. Segnali ed attrezzature complementari (7).

### 1.2.1 SEGNALI VERTICALI

#### 1.2.1.1 Normativa italiana ed esperienze europee

I segnali verticali, in relazione alla loro funzione e al tipo di messaggio che trasmettono all'utente della strada, si distinguono, a loro volta, nelle seguenti categorie:

**1a. segnali di pericolo**, idonei a preavvisare l'esistenza di pericoli fornendo, nello stesso tempo, indicazioni sulla natura del pericolo segnalato e sul comportamento da osservare;

**1b. segnali di prescrizione**, suddivisi nelle sub-categorie di segnali di precedenza, di divieto e di obbligo, comunicano gli obblighi, i divieti e le limitazioni cui gli utenti devono attenersi;

**1c. segnali di indicazione**, con i quali si forniscono agli utenti le informazioni necessarie o utili per la guida e per una agevole individuazione di località, itinerari, servizi ed impianti.

Questi ultimi si suddividono nelle seguenti sub-categorie: segnali di preavviso; di direzione; di conferma; di identificazione strade; di itinerario; di località e centro abitato; di nome strada; turistici e di territorio; altri segnali che danno informazioni necessarie per la guida o indicano installazioni o servizi.

Ai fini della sicurezza stradale, l'importanza dei segnali appartenenti alle prime due categorie è di immediata intuizione: con i segnali di pericolo si trasmettono informazioni necessarie per una pronta individuazione di situazioni obiettivamente pericolose (strada sdruciolevole, caduta massi, animali vaganti,

curva pericolosa, ecc.) mentre con quelli di prescrizione si evidenziano i comportamenti (ad esempio fermarsi e dare precedenza), i divieti (ad esempio interdizione della sosta) e gli obblighi (direzione obbligatoria) cui gli utenti della strada devono attenersi.

L'inosservanza della segnaletica di pericolo e di prescrizione determina il maggior numero di incidenti stradali, ma altrettanto importante è la segnaletica di indicazione, spesso sottovalutata anche dagli addetti ai lavori.

Il Regolamento di esecuzione del Codice della strada prevede che le informazioni da fornire agli utenti siano stabilite dall'ente proprietario della strada (o dal concessionario), secondo uno specifico progetto, riferito a un'intera area o a singoli itinerari, ai fini della costituzione di un sistema segnaletico armonico, integrato ed efficace, a garanzia della sicurezza e della fluidità della circolazione veicolare e pedonale.

E' importante sottolineare che ogni strada, sia di nuova costruzione o preesistente, ristrutturata o solo riadattata, qualunque sia la classifica o l'importanza della stessa, deve essere adeguatamente corredata della segnaletica stradale necessaria. Il criterio della uniformità nella scelta del segnale, come nella sua posa in opera, è importante quanto quello della rispondenza del disegno, dei colori e del simbolo alle prescrizioni di legge. Condizioni o situazioni identiche devono essere segnalate con segnali identici. Il concetto di uniformità della segnaletica deve essere interpretato anche in riferimento ad altri elementi, quali le modalità di installazione. Il disordine della segnaletica lungo le strade dipende anche dal fatto che i segnali, a volte, lungo lo stesso itinerario sono installati ad altezze diverse, con l'impiego di segnali di diverso formato senza che ve ne sia la necessità, con l'uso di segnali con caratteristiche di rifrangenza diverse tra loro anche sullo stesso sostegno. Altro elemento di disomogeneità è riconducibile alla non corretta collocazione, sullo stesso sostegno, di più segnali.

E' fondamentale la congruenza della segnaletica alle varie necessità: l'impiego di segnali in numero superiore a quello necessario è da evitare, non solo perché costituisce un maggior onere per apporli e mantenerli, ma anche perché tende a sminuire l'efficacia o il valore cogente. Ciò si verifica specialmente quando si tratta di segnali di pericolo e di prescrizione. I segnali di pericolo devono essere installati quando esiste una reale situazione di pericolo sulla strada, non percepibile con tempestività da un conducente che osservi le normali regole di prudenza; segnalando come pericolose situazioni che non lo sono, si inducono gli utenti della strada a considerare inattendibili tali segnali e quindi a non rispettarli, anche quando il pericolo è reale (8).

In proposito si segnala uno studio norvegese finalizzato all'individuazione dell'uso ottimale della segnaletica di avvertimento e all'individuazione del livello di sicurezza, a mezzo di un modello economico di comportamento del guidatore nella scelta della velocità in corrispondenza dell'installazione di segnaletica di avvertimento (9).

Il CERTU, in Francia, già dal 1995 si sta preoccupando di rivedere tutta la regolamentazione sulla segnaletica verticale ed orizzontale in ambito urbano, al fine, non solo di limitare i disagi e le possibili incomprensioni da parte degli utenti, ma soprattutto per aiutarli a meglio individuare le "aree pedonali" a forte rischio di incidenti.

Per quanto specificamente riguarda i segnali di indicazione, il Regolamento richiede i seguenti requisiti:

- a) congruenza: la qualità e la quantità della segnaletica devono essere adeguate alla conformazione delle strade interessate in modo da garantire agli utenti una corretta e agevole percezione del "messaggio";
- b) coerenza: sul medesimo itinerario non devono sussistere situazioni di incertezza;
- c) omogeneità: sull'intero itinerario la segnaletica deve essere realizzata con gli stessi criteri di leggibilità (stabiliti in funzione della velocità e della distanza) e, ovviamente, con la medesima grafica, simbologia e colore.

La segnaletica di direzione installata lungo le nostre autostrade e strade di grande comunicazione a caratteristiche autostradali denota, però, contrariamente alle prescrizioni, una improvvisazione di fondo, si mostra avulsa da quella degli altri membri della Comunità Europea, e risulta, in ultima analisi, fonte di pericolosità.

Due le differenze principali con la realtà di oltre confine: la prima è la non corrispondenza, negli impianti sopra la carreggiata, tra le frecce verticali inserite nei segnali e le corsie tracciate sulla carreggiata, mentre la seconda è relativa alla modalità di segnalamento delle uscite.

Quasi ovunque le frecce sono unicamente rivolte verso il basso e coincidono con le corsie, in modo da indicare immediatamente la corrispondenza corsia-destinazione, da noi, invece, il Regolamento di esecuzione del NCDS ha mantenuto la capziosa distinzione tra funzione di preavviso e funzione di direzione, la prima con le frecce verso l'alto, la seconda con le frecce verso il basso: differenza che il 99% degli utenti non comprende! Inoltre, il posizionamento di queste frecce (o il loro numero) non corrisponde, nella maggior parte dei casi, all'effettiva destinazione delle corsie, per cui il guidatore non pratico è portato a compiere manovre che turbano il flusso circolatorio, e che diventano causa di notevole pericolosità, specie se rapportate all'elevata velocità media di deflusso di queste strade (10).

Per quanto riguarda la segnalazione delle uscite: in quasi tutti i paesi della Comunità europea c'è una netta differenziazione tra la segnaletica delle normali uscite e quella relativa agli interscambi o alle biforcazioni; in Italia, invece, si segnalano nella stessa maniera, per cui il guidatore, assuefatto a quest'informazione paritetica, giunto nei punti nodali, spesso prosegue diritto, non ricevendo messaggi differenziali dal contesto segnaletico.

In Germania, per meglio differenziare le due situazioni (uscita e interscambio) sono stati creati due appositi simboli, in modo da selezionare subito l'attenzione dei conducenti.

Altra caratteristica pressoché costante in Europa è l'assegnazione di una numerazione progressiva alle uscite, cosa da noi sporadica o, comunque, fatta con criteri non geografici o di itinerario, ma aziendali o amministrativi.

Esemplare è il sistema francese, che presenta anche il grosso vantaggio della differenziazione cromatica, dato che tutto ciò che si riferisce all'uscita è a fondo bianco, mentre nelle biforcazioni c'è il tutto blu (o verde). La sequenza dei segnali, che si ripete immutabile su strade principali e autostrade è costituita da:

- 1° preavviso di uscita, in genere a 2000 metri;
- 2° preavviso a 1000 metri, con indicate le località immediatamente servite;
- segnale di uscita all'inizio della corsia di decelerazione, ma a volte avanzato in caso di curve o altri impedimenti visivi, che ripete le indicazioni del preavviso, con aggiunte eventuali località importanti da qui raggiungibili;
- eventuale segnale di corsia;
- segnale di conferma, con le grandi direzioni in avanti, posto immediatamente a valle dello svincolo, ma in modo da essere leggibile prima dell'uscita.

C'è da aggiungere che in Francia, ormai dal 1979, il SETRA ha messo a punto un software, denominato CORINE, per il disegno e la realizzazione di tutta la segnaletica verticale in ambito nazionale. Questo programma, aggiornato secondo le direttive provenienti dal Ministero locale, contribuisce alla creazione di una segnaletica "omogenea", riducendo di fatto il senso di spaesamento degli utenti ed aumentando la credibilità della segnaletica stessa.

In sintesi in Europa non esistono i nostri classici segnali di preavviso, a volte unici a 700 metri, a volte doppi, a 1000 e a 700 metri, con indicato il capostrada in avanti, indicazione poco utile, visto che la cosa importante da segnalare in questo caso è l'uscita (11).

### **1.2.1.2 Segnali stradali a messaggi variabili**

Dopo un periodo durato alcuni anni, caratterizzato da un uso sperimentale e talvolta episodico dei Segnali a Messaggi Variabili, la loro tipologia applicativa appare, oggi, sufficientemente definita ed essi entrano, ormai, a pieno diritto nella gamma dei dispositivi idonei a garantire la sicurezza del traffico ed a migliorare la circolazione stradale, come previsto dall'art. 77, comma 4, del Regolamento di Esecuzione ed Attuazione del Nuovo Codice della Strada, D.P.R. 11.12.92, n. 495. Contemporaneamente il CEN (Comitato Europeo di Normazione), nell'ambito di un programma globale (Technical Committee 226) dedicato a tutti i dispositivi per la sicurezza stradale, ha ritenuto opportuno creare una apposita commissione (W.G. 3.1) per la standardizzazione dei requisiti e delle prestazioni che i Segnali a Messaggi Variabili devono possedere.

Esistono segnali di tipo elettromeccanico a pannelli scorrevoli o a prismi girevoli rivestiti di materiale rifrangente, che possiedono caratteristiche di visibilità analoghe a quelle della segnaletica fissa tradizionale, presentano in genere un numero notevolmente ridotto di messaggi e/o tempi di commutazione elevati, ed hanno quindi un uso limitato ad applicazioni particolari. Per segnali a più alte prestazioni, molto più diffusi, i messaggi pittografici o alfanumerici sono realizzati per punti luminosi in modo discontinuo (LED). In questo caso è possibile raggiungere una notevole variabilità nel numero di messaggi, commutazioni più o meno istantanee, elevatissima visibilità e perfezione delle immagini.

Due sono i grandi temi applicativi di questi strumenti:

1. regolazione del traffico (urbano ed extraurbano, con varie finalità);
2. informazioni all'utente.

1a. regolazione pianificata del traffico: le applicazioni sono tipicamente urbane. Alcuni esempi significativi sono:

- la interdizione o regolamentazione, a fasce orarie, degli accessi in determinate zone;
- la regolamentazione di sosta programmata;
- il preavviso di pericolo in momenti particolari, quali l'uscita da fabbriche o da scuole.

In tutti questi casi l'informazione non può che essere di tipo simbolico, facendo l'uso più vario di pittogrammi di obbligo e divieto.

1b. regolazione dinamica della circolazione: la casistica è più articolata,



essendo la regolazione attuata partendo dalla rilevazione automatica ed in tempo reale di situazioni dettagliate di traffico (velocità, densità, ecc.) e/o di eventi direttamente interagenti con esso.

Alcuni impianti possono essere di complessità limitata:

- preindicazione di passaggio a livello chiuso,
- segnalazione di vento forte, in presenza di vento su viadotti pericolosi;
- segnalazione di ghiaccio in presenza di condizioni estremamente favorevoli alla sua formazione;
- attivazione di limiti di velocità per richiamare una precedente segnalazione di tipo fisso a chi, nonostante questa, persevera nella velocità eccessiva in prossimità di un pericolo.

In altri casi, invece, si tratta di vere e proprie realizzazioni di sistemi di supervisione e controllo:

- regolazione del traffico nelle gallerie, da effettuare unitamente alla gestione degli impianti tradizionali di sicurezza delle stesse, per limitare o prevenire l'afflusso di veicoli in caso di inquinamento eccessivo, di incidenti o di incendi, nonché per agevolare l'evacuazione dei veicoli presenti ed eventualmente l'accesso dei mezzi di soccorso;
- regolazione su tratte particolarmente pericolose di autostrade o di strade a scorrimento veloce, dove il traffico è sottoposto ad un controllo automatico permanente e minuzioso, allo scopo di individuare tempestivamente rallentamenti ed arresti dovuti a probabili incidenti;
- ulteriori segnalazioni possono essere previste se il sistema di rilevazione è dotato di dispositivi idonei.

In tutti i casi descritti di regolazione si tratta quasi esclusivamente di messaggi simbolici di immediata percezione che implicano un obbligo di rispetto da parte dell'automobilista.

Si può segnalare, a tale proposito, una sperimentazione eseguita dalla FINNRA (Finnish National Road Administration) su un tronco autostradale i cui limiti di velocità venivano ad essere indicati attraverso cartelli a messaggio variabile, comandati, a loro volta, da un'unità centrale che riceveva ed elaborava, contemporaneamente, le informazioni provenienti da centraline meteorologiche totalmente automatiche e da alcuni strumenti sistemati sulla carreggiata per il rilevamento dello stato di quest'ultima. Lo studio per stabilire la convenienza di un siffatto sistema è ancora in corso, confrontando il costo socio-economico, in termini di variazione del tasso di incidentalità, con quello monetario per la

realizzazione e la manutenzione di un sistema così complesso.

2a. sistema di informazioni strategiche: consente all'automobilista di scegliere tra itinerari alternativi quello per lui preferibile. Tipicamente tale sistema comprende le postazioni segnaletiche nei punti decisionali:

- alle entrate di una rete autostradale o di scorrimento, per fornire indicazioni su avversità atmosferiche o anomalie del traffico, presenti in zone remote ma circoscritte. Le segnalazioni saranno costituite usualmente da un messaggio simbolico (pittogramma) di rapida percettibilità, accompagnato da un testo che specifica la localizzazione dell'evento;
- in ambito urbano, nei nodi con traffico più rilevante, per suggerire itinerari alternativi in base alle condizioni generali del traffico, o per segnalare le zone cittadine a circolazione più critica. Le segnalazioni in questo caso potranno essere anche soltanto di tipo alfanumerico totalmente variabile, in grado di adeguarsi a situazioni imprevedibili, in quanto, pur essendo comprensibile con maggiore ritardo rispetto ai pittogrammi, risulta comunque idoneo, tenuto conto della velocità ridotta del traffico urbano.

2b. sistema di informazioni tattiche, caratterizzato da segnalazioni di interesse locale:

- in ambito autostradale può essere rappresentato dallo stesso sistema strategico di cui in precedenza nei casi in cui, però, fornisca informazioni relative a punti raggiungibili in tempi ridotti;
- tipica esclusivamente dell'ambito urbano è la segnalazione di accesso ai parcheggi basata sul controllo di occupazione degli stessi.

L'efficacia dei Segnali a Messaggi Variabili dipende essenzialmente da due aspetti:

1. l'interesse che i messaggi da essi visualizzati destano globalmente nell'utenza;
2. l'efficienza visiva del dispositivo, intesa come capacità dei suoi messaggi di essere percepiti e compresi dai destinatari distogliendone minimamente l'attenzione dalla guida.

Un messaggio variabile, possedendo quasi sempre un carattere straordinario, deve:

- attirare l'attenzione;
- essere visibile e leggibile in tutte le condizioni ambientali, ivi incluse quelle più avverse (nebbia, notte, sole all'orizzonte alle spalle del guidatore, o alle spalle del

cartello);

- richiedere un tempo di lettura che, per motivi di sicurezza, è meglio non superi il 50% del tempo di transito nel suo campo di visibilità (12).

L'uso dei pannelli a messaggio variabile come parte dei sistemi di gestione del traffico ha portato ai seguenti risultati (13):

- una riduzione del 10% della velocità;
- una riduzione del 30% degli incidenti con una riduzione del 40% del numero di morti;
- una riduzione dell'85% degli incidenti durante i giorni di nebbia;
- una riduzione del 5÷10% dei principali agenti inquinanti.

Il Dipartimento dei Trasporti della Virginia fornisce delle linee guida, sotto forma di manuali, per ottimizzare l'utilizzo dei pannelli a messaggio variabile, sia fissi, che montati su unità mobili, basate su informazioni ottenute: dalla letteratura, dagli operatori dei VMS (Variable Message Signs) e dai guidatori. I manuali sono strutturati in moduli (17 per i VMS mobili, 16 per i fissi), di facile utilizzazione, che rispondono a domande come:

- In quali circostanze deve essere usato un VMS?
- Dove dovrebbe essere posizionato?
- Quali sono i limiti relativi alla quantità di informazioni che può essere visualizzata?
- Quali informazioni devono essere fornite ai guidatori?(14)

Si segnala un rapporto sull'utilizzo corrente dei pannelli a messaggio variabile negli Stati Uniti e in Ontario (Canada) per la gestione del traffico, la riduzione della congestione e la prevenzione degli incidenti in area urbana ed extraurbana. Il rapporto contiene informazioni sui tipi di PMV, classificati in:

- light-reflecting;
- light-emitting;
- ibridi;

e fornisce una guida sulla scelta del giusto display del pannello e sui criteri di progetto e manutenzione che consentono il corretto recepimento del messaggio da parte dell'utente. Nel rapporto sono raccolte le esperienze delle diverse agenzie di trasporto americane sulle :

- applicazioni;

- caratteristiche;
- misure di prestazione (cospicuità, leggibilità, credibilità, ecc.);
- sviluppo del messaggio e pratiche operative;
- esperienze con le diverse tecnologie di PMV;
- standard tecnici esistenti;
- pratiche di manutenzione;
- effetti negativi sul traffico;
- sistemi di comunicazione/controllo (15).

## 1.2.2 SEGNALI ORIZZONTALI

La segnaletica orizzontale, quale elemento di riferimento e di disciplina della circolazione stradale ha una storia alquanto recente, legata alla rapida trasformazione e ai considerevoli incrementi dei flussi di traffico nel secondo dopoguerra. Le mutate e sempre maggiori esigenze della circolazione veicolare hanno dato impulso alla ricerca di materiali di migliore qualità per la realizzazione della segnaletica stessa, e all'introduzione di nuove tecniche. La necessità, poi, di rendere più intelligibile il messaggio che la segnaletica orizzontale intende trasmettere all'utente e di mantenerlo uniforme nei differenti ambiti territoriali e costante nel tempo, sottende l'esigenza di una normativa a livello internazionale (16). In ambito europeo vige la norma comunitaria UNI EN 1436, che sostanzialmente reca la descrizione del risultato finale della segnaletica orizzontale nella percezione dell'utente della strada, senza entrare nel merito della composizione delle miscele (vernici, ecc.) né sui tipi di prodotto da utilizzare per la posa in opera della particolare segnaletica. Sotto l'aspetto tecnico la norma consente ogni tipo di applicazione: vernici a base di solventi, vernici ad acqua, materiali termoplastici, plastici indurenti a freddo, preformati, ecc. La norma in questione fa riferimento unicamente ai colori bianco e giallo, che costituiscono il 99% delle utilizzazioni nel campo della segnaletica orizzontale (resta scoperto solo l'utilizzo, assolutamente marginale, del blu, adottato in Italia per la segnaletica dei parcheggi a pagamento). La norma definisce campi di valori e classi di segnaletica nell'ambito dei quali sarà l'Ente proprietario della strada a scegliere i livelli e le classi di volta in volta ritenuti più opportuni, in base al tipo di manto stradale, al volume di traffico, ecc. Particolare attenzione è rivolta alle caratteristiche colorimetriche e fotometriche che presiedono ai requisiti di riflessione e luminanza alla luce diurna e artificiale. Altro requisito di grande importanza disciplinato dalla UNI EN 1436 è quello della resistenza al derapaggio (scivolosità),

che viene misurato con particolari tecniche. Non va tuttavia dimenticato che la bontà del messaggio trasmesso possiede dei limiti oggettivi, legati alle condizioni atmosferiche e di visibilità, e soggettivi, connessi alla possibilità e volontà dell'utente di recepire la comunicazione e osservarla. In alcune situazioni particolari, quando ogni altro elemento visivo viene a mancare, la segnaletica orizzontale è l'unico elemento di definizione e riconoscimento del tracciato stradale, come si verifica ad esempio in caso di nebbia. Il successo di questo tipo di segnaletica dipende dalla sua visibilità e dalla possibilità di trarne immediate indicazioni operative. La visibilità nelle differenti condizioni di illuminazione rappresenta, pertanto, un criterio essenziale per la selezione dei materiali da impiegare; è poi indispensabile che la presenza della segnaletica non comprometta le caratteristiche della superficie stradale, non offra, cioè, occasioni puntuali di maggiore scivolosità, che possano diminuire la normale tenuta di strada del veicolo. Le condizioni di visibilità concorrono, tuttavia, in misura più diretta e immediata a determinare il livello di sicurezza offerto da un'infrastruttura stradale. In condizioni di marcia normali il campo visivo del conducente si concentra in uno spazio compreso mediamente fra i 30 e 250 metri, in funzione della velocità e delle caratteristiche del tracciato. Si tratta di condizioni di osservazione secondo una direttrice radente a quella del piano viabile, con un angolo di incidenza dell'ordine di 5°. La visibilità dei segni dipende dalla loro luminosità e dal contrasto cromatico con la pavimentazione. La luminosità deriva dalla riflessione della luce incidente, naturale o artificiale: al variare delle condizioni di illuminazione, in funzione delle ore del giorno, delle situazioni climatico-meteorologiche, degli ambiti territoriali interessati, urbani o extraurbani, mutano le caratteristiche di riflessione della luce incidente, e di conseguenza la leggibilità del segnale. Tale diversità è poi in stretta relazione con la natura dei materiali impiegati e con le proprietà del loro strato superficiale: il colore, la composizione, il grado di rugosità della superficie del segno, determinano, infatti, condizioni di riflessione anche notevolmente differenti.

Attualmente, sono in fase di studio, in Francia, i cosiddetti "prodotti visibili di notte e con tempo piovoso". Questi sono costituiti non solo da vernici speciali arricchite con biglie di vetro di diverso diametro, ma sono posti in opera in maniera tale da lasciare parte della striscia sopraelevata rispetto alla superficie stradale quando questa è ricoperta da uno spessore di acqua piovana. Tutto ciò al fine di lasciare intatte le proprietà di riflettanza quando le strisce sono colpite da una sorgente luminosa (p.e. i fari di un'automobile). Gli studi in corso vogliono determinare i benefici in relazione alla sicurezza stradale, la loro durabilità e manutenzione alla luce delle procedure di prova della Comunità Europea.

Un aspetto da considerare è che la delimitazione (17) della sede stradale è sempre stata fondamentale per la sicurezza e l'efficienza del sistema stradale, in quanto consente al guidatore di mantenere il veicolo all'interno della corsia di traffico (short range delineation) e di identificare il percorso da seguire (long range delineation) (18), ma lo sarà sempre di più, in futuro, per l'incremento dell'età media dei guidatori, che presenteranno una capacità visiva ridotta e richiederanno quindi un supporto sempre maggiore alla segnaletica.

Ci sono tre categorie di segnali orizzontali:

1. strisce longitudinali (strisce centrali; di delimitazione di corsia; di margine; ecc.);
2. strisce trasversali (stop alle intersezioni, segnali di attraversamento pedonale);
3. parole e simboli.

Le condizioni di flusso del traffico e la sicurezza della circolazione migliorano se le correnti di traffico sono separate in corsie chiaramente identificate da opportuna segnaletica (19). Le strisce di delimitazione di corsia su strade a più corsie (o, equivalentemente, la striscia centrale per strade a due corsie), consentono al guidatore di posizionare correttamente il veicolo sulla strada, evitando le collisioni sia con oggetti posti a lato della sede stradale, sia con i veicoli che viaggiano in senso contrario. Esse risultano particolarmente efficaci in condizioni di scarsa visibilità, come di notte o in condizioni di nebbia e pioggia. Per quanto riguarda le strisce di margine, sembra che comportino un vantaggio minimo sulle prestazioni di guida (20), producendo effetti principalmente sul posizionamento nella corsia (21). Schwab e Capelle (22) hanno notato che le strisce di margine sono utili sia in rettilineo che in curva, specie nelle strade con larghezza superiore a 6 metri e in condizioni di scarsa visibilità. Vari studi hanno mostrato gli effetti positivi sulla sicurezza delle strisce di margine:

- Nairn (1987): riduzione degli incidenti del 15% in rettilineo e del 45% in curva (23);
- Jackson (1981): riduzione totale degli incidenti del 13÷30%, riduzione degli incidenti notturni del 37÷42%, in seguito all'installazione di strisce di margine in Gran Bretagna (24);
- Moses (1986): riduzione degli incidenti complessivi dell'8% e riduzione del 34% di incidenti a veicolo isolato, in seguito all'installazione di strisce di margine sulle autostrade extraurbane in Australia (25);
- Tignor (1993): relativamente ad esperienze negli USA si riporta una riduzione degli incidenti totali del 2% e una riduzione del 25% delle fuoriuscite di strada per pioggia (26);

- Miller (1992): da studi americani risulta che le strisce di margine abbiano prodotto una riduzione degli incidenti compresa fra il 3 e il 60%. Non si fornisce una spiegazione di una così notevole variazione, che suggerisce la possibilità che esse siano più efficaci in alcune località rispetto ad altre. Miller conclude che la riduzione degli incidenti possa essere generalmente del 20% (27).

D'altra parte, alcuni studi hanno indicato l'utilità delle strisce di margine non è generalizzabile. Uno studio su 600 Km di strade extraurbane dotate di strisce di margine, condotto nel Regno Unito, non ha dimostrato l'efficacia delle stesse nella prevenzione degli incidenti (28). La delineazione dei margini è risultata efficace solo se introdotta in punti con problemi specifici di perdita di controllo (29). Le strisce di margine usualmente utilizzate hanno larghezze di 100 o 150 mm. Ricerche hanno mostrato che quelle di 150 mm sono più efficaci, specie in curva (30). Recentemente sono state utilizzate in alcune zone degli USA delle strisce di larghezza maggiore, pari a 200 mm; si è trovato che queste risultano vantaggiose dove la larghezza della pavimentazione supera 7,3 metri, le banchine non sono pavimentate e il volume di traffico supera i 2000 veicoli al giorno (31).

In Italia, il NCDS ha introdotto due importanti miglioramenti per le strisce di margine: l'utilizzo del bianco retrorifrangente (in luogo del giallo) e uno spessore maggiorato (240 mm in luogo di 120), per cui sia di giorno che di notte, meglio ancora in cattive condizioni di visibilità, le carreggiate urbane, extraurbane e autostradali, sono ora perfettamente delineate ed i margini enormemente più evidenti (32). Come detto, le strisce di margine influenzano la posizione del veicolo nella corsia, riducendo gli incidenti per fuoriuscita del veicolo dalla superficie pavimentata (23).

Studi sperimentali before/after condotti sulle freeway americane hanno dimostrato l'influenza della segnaletica orizzontale sul comportamento del guidatore nei tratti caratterizzati da riduzione del numero di corsie prima di un'uscita: un'opportuna delineazione della sede stradale anticipa i tempi del cambio di corsia, comportando una riduzione del numero di manovre errate (33).

Si segnala una ricerca condotta negli Stati Uniti, finalizzata allo studio dell'effetto combinato dello spessore delle linee di margine e del livello di contrasto fra il colore di queste ultime e quello della pavimentazione sul posizionamento dell'utente all'interno della corsia, sullo scavalco delle linee di delimitazione di corsia e delle linee di margine della carreggiata (34).

L'Ohio University conduce sperimentazioni per calibrare il modello CARVE (Computer Aided Road Marking Visibility Evaluator) progettato per la valutazione

della visibilità delle strisce di delineazione della sede stradale (35) (36).

### **1.2.3 SEGNALI LUMINOSI**

Ai fini generali della sicurezza, l'illuminazione dei punti critici (svincoli, incroci, curve pericolose, ecc.) non è sostitutiva della segnaletica che ha il compito di far conoscere l'ambiente stradale, ed in particolare i bordi laterali, mediante segnalimiti catadiottrici e segnaletica orizzontale. Questi dispositivi sono rilevati dall'occhio in visione laterale, sollevando quindi il conducente dalla necessità di cercare con una esplorazione oculare i limiti di percorribilità e concentrando invece la visione sul traffico, sugli ostacoli e sugli eventuali cambiamenti del tracciato stradale. Catadiottri e segnaletica orizzontale sono dispositivi passivi, ottimizzati per rinviare verso il conducente la luce emessa dai proiettori della sua autovettura, e limitati dalla distanza di visibilità offerta dai proiettori anabbaglianti. In presenza di nebbia, inoltre, lo strato di vapore interposto fra veicolo e catadiottro diffonde la luce dei proiettori e ne attenua l'intensità luminosa, creando un fastidioso effetto di rifrazione così da apparire come un muro bianco. La luce rinviata dal catadiottro subisce una ulteriore attenuazione nell'attraversare al ritorno lo strato di nebbia, con una conseguente sensibile riduzione delle distanze di visibilità. Questi inconvenienti possono essere evitati o comunque fortemente ridotti mediante una segnaletica attiva, ovvero segnalazioni dotate di un proprio dispositivo di illuminazione. In questo caso si è indipendenti dalla portata dei proiettori anabbaglianti ed in caso di nebbia la luce percorre una sola volta il tratto segnale-autoveicolo, con un'attenuazione e un effetto di rifrazione ridotto rispetto alla segnaletica passiva. Sfruttando la guida visiva della luce offerta dai sistemi attivi, soprattutto come strumento per creare vedute prospettiche e visioni d'insieme, si pone il guidatore nella condizione di preordinare mentalmente le scelte di percorsi da seguire; la luce serve a segnalare a distanza il tracciato stradale in tutte le sue irregolarità e singolarità (svincoli, incroci, curve, ecc.) aiutando così il conducente ad individuare facilmente e senza esitazioni il percorso molto prima di trovarsi nei punti critici. Sono attualmente disponibili sistemi di delineazione attiva costituiti da una guida ottica tubolare modulare, in grado di diffondere lungo l'intera estensione del modulo la luce emessa da un illuminatore inserito in un'estremità. (Casalone Roberto, Nuovi sistemi di delineazione per la sicurezza stradale, AIPCR Perugia, 1994).



## 1.2.4 SEGNALI E ATTREZZATURE COMPLEMENTARI

- **RRPM (Raised Reflective Pavement Markers)/occhi di gatto:** sono dispositivi inseriti sulla superficie stradale, e leggermente rialzati, in modo da presentare una faccia riflettente ai veicoli che sopraggiungono. E' disponibile anche un tipo di marker incassato nella pavimentazione, da utilizzare nelle zone in cui operano i mezzi sgombraneve. Questi dispositivi garantiscono la demarcazione delle carreggiate su tutti i tipi di strada e in ogni condizione climatica (37). Studi riportano una riduzione degli incidenti del 15÷18% in seguito all'installazione dei markers (38). Moses riporta un riduzione da 33 a 10% degli incidenti frontali e da 29 a 4% di quelli per scontro laterale, in seguito all'utilizzo dei markers su tratti di strade extraurbane in Australia (39). Tignor (26) fa riferimento a studi americani che assegnano un valore più modesto alla riduzione degli incidenti, pari al 5%. Niessner, relativamente a una panoramica sull'utilizzo dei markers su ponti stretti negli USA, riscontra una riduzione dell'invasione della corsia opposta e quindi un miglioramento della sicurezza (40).
- **rumble devices: (41), (42)** le società di gestione stradale degli Stati Uniti le chiamano anche "chatter strips" o "jiggle bars". Le rumble strips non sono, generalmente, intese come dispositivi di controllo delle velocità sebbene esse possano essere utilizzate per indicare agli automobilisti la presenza di segnaletica al riguardo (disposizioni sui limiti di velocità). Dispositivi diversi sono invece i dossi e i rigonfiamenti (speed humps e speed bumps) che intendono rallentare i veicoli attraverso la creazione di un ostacolo fisico sormontabile, confortevolmente, soltanto a basse velocità. Dossi e rigonfiamenti sono sagomati secondo un brusco rialzo, sono generalmente alti 8-10cm e larghi rispettivamente almeno 360cm e da 30 a 90cm, contro altezze delle rumble strips minori di 3cm. Le r. s. che si adoperano più di frequente possono essere realizzate mediante:
  - una serie di barre oppure di solchi nella pavimentazione, paralleli e spaziate tra loro da una breve distanza, disposti trasversalmente al senso di marcia;
  - del conglomerato cementizio corrugato;
  - del conglomerato con corrugazioni maggiormente spaziate;
  - con strati di copertura aventi aggregato grezzo esposto.

Si potrebbe, inoltre, far ricorso a borchie oppure a strisce di policarbonato fissate alla superficie pavimentata. L'obiettivo è creare percorsi rumorosi per

fornire agli automobilisti che li attraversano un avvertimento sonoro e vibrazionale segnalante il sopraggiungere di condizioni di viabilità, particolarmente, critiche ai fini della sicurezza.

**Applicazioni:** le r. s. sono adoperate per incrementare la sicurezza della circolazione stradale nell'esigenza di avvisare i conducenti:

1. di arrestare il veicolo;
2. di rallentare il veicolo;
3. di cambiare corsia;
4. della presenza di curve pericolose;
5. di riprendere una corretta direzione di guida perché stanno fuoriuscendo dalla sede stradale;
6. della presenza di circostanze, potenzialmente, inaspettate per, ad esempio, un cambio dei dispositivi di controllo del traffico.

Tali motivazioni hanno incoraggiato l'utilizzo delle r. s. sulle strade statunitensi sin dal 1950. Le applicazioni di r. s. ricadono all'interno di due categorie generali: le allocazioni nella via di marcia e quelle lungo il limite o al di fuori di essa. Le prime sono correlate alle condizioni specifiche del percorso, quali, la presenza di un'intersezione, di una curva pericolosa, di un cantiere, ecc.. La seconda consistono in solchi continui o intervallati nella pavimentazione, disposti lungo il limite stradale asfaltato o cementato. Talvolta, tali elementi li ritroviamo in prossimità di punti critici come gli ingressi e le uscite delle rampe, i restringimenti dei ponti, ecc. Sono dispositivi di avviso che intendono segnalare ai conducenti la fuoriuscita del loro veicolo dalla carreggiata stradale così che essi possano correggere la direzione di guida.

Le r. s. possono essere installate in prossimità di:

- intersezioni;
- stazioni di pedaggio;
- curve pericolose;
- percorsi non transitabili da veicoli;
- interruzioni di corsie;
- cantieri;
- condizioni inaspettate dai guidatori (attraversamenti di scolaresche, ecc.).

Sono usate in congiunzione con opportuna segnaletica avente funzione di indirizzare i conducenti all'azione di guida più appropriata da intraprendere relativamente alle circostanze di circolazione cui stanno andando incontro (ad

esempio, i segnali di stop, di curva pericolosa, di limitazione di velocità, ecc.). Per questo motivo, le r. s., così come avviene per la segnaletica, vanno installate in considerazione del tempo necessario all'utente della strada per effettuare un'opportuna azione.

Un programma di informazione pubblica è raccomandata al fine di istruire gli automobilisti in merito ai propositi delle r. s.

**Ricerca:** l'esperienza delle società autostradali mostra l'efficacia delle r. s. nella riduzione incidentale. Nella maggior parte degli studi sull'argomento si sono analizzate le conseguenze relative alla localizzazione delle r. s. in prossimità dello STOP di un'intersezione stradale (43-52). Essi, in numero ridotto e fortemente variabili per qualità e completezza, evidenziano una benefica riduzione degli incidenti con un'aliquota che va dal 14 al 100%. Pochi studi presentano una riduzione incidentale statisticamente significativa (al 95% del livello di confidenza); quasi tutti si basano sull'analisi dei dati riferiti al periodo antecedente e posteriore all'installazione delle r. s. e non possiedono elementi che possano garantire la validità dei risultati. Per esempio, sarebbe conveniente controllare i siti non interessati dalle installazioni delle r. s., per un'utile comparazione al fine di evitare errori di valutazione del trend incidentale. Ancora, occorrerebbe fare riferimento all'aliquota incidentale (incidenti per milioni di veicoli attraversanti i dispositivi in oggetto) anziché al numero degli incidenti; potrebbe infatti variare il volume di traffico. Quindi, concludendo, gli studi non sono abbastanza affidabili per quantificare con precisione l'apporto delle r. s. nella riduzione degli incidenti ma possono suggerire che è possibile agire almeno sul 50% di quelli causati dallo scarso livello di attenzione dei conducenti. Non bisogna esagerare nell'utilizzo delle r. s.; un abuso rischia, infatti, di indebolire la loro funzione di richiamo esercitata sul guidatore distratto. L'installazione delle r. s. andrebbe presa in considerazione laddove esista un problema di incidentalità realmente documentato e tale da non poter essere affrontato con i dispositivi convenzionali. Potrebbe convenire installare le r. s. su strade simili ad altre sulle quali si è intervenuto in tal senso per ovviare ad un pericolo reale di incidentalità.

- Ad alcuni interessanti conclusioni si è pervenuti nello studio condotto nel 1970 in Illinois (46); confrontando tipo e severità degli incidenti in una analisi before/after all'installazione delle r. s. si è desunta una sostanziale riduzione del numero di incidenti gravi. Inoltre, si è constatato che l'efficacia delle r. s. è elevata fin tanto che esse costituiscono un elemento "sorpresa" nella guida per poi ridursi man mano che i conducenti acquisiscono

familiarità con esse. Il loro utilizzo andrebbe, pertanto, limitato al periodo di tempo necessario a porre in essere le condizioni di sicurezza della circolazione come interventi di tipo infrastrutturale, di regolazione del traffico, ecc.. Gli autori della ricerca raccomandano, infatti, di non adoperare mai le r. s. come installazioni stradali permanenti.

- Nello Iowa, nel 1982, Carstens (49), membro del locale Dipartimento dei Trasporti, ha analizzato gli effetti indotti dalle r. s. sulla guida notturna rilevando l'apporto positivo fornito dai dispositivi stessi nella riduzione percentuale degli incidenti presso le intersezioni scarsamente illuminate.
- I primi esperimenti sulle r. s. marginali furono condotti nel 1955, sulla Garden State Parkway nel New Jersey (53). La ricerca più recente circa le r. s. disposte con continuità o ad intervalli regolari, sui limiti stradali asfaltati o cementati (54-55), ha mostrato la potenzialità di ridurre dal 20 al 50% il numero degli incidenti causati dall'uscita di strada del veicolo. La loro azione si esplica allorché il conducente si appresta a scavalcare il margine della carreggiata stradale. Il Dipartimento dei Trasporti della California ha diffusamente installato questi dispositivi sulle freeway delle aree desertiche, dove le condizioni di guida monotone possono far deconcentrare i conducenti. Gli studi di Caltrans (55) hanno mostrato gli effetti benefici legati a tale utilizzo: su 217Km circa di freeway extraurbane si è riscontrata, in un anno di rilevamenti, una riduzione del 49% degli incidenti per uscita di strada del veicolo (riduzione statisticamente significativa al 99% del livello di confidenza) con conseguente diminuzione del numero di morti e di feriti e dei danni alla proprietà.
- Lo studio del FHWA (55), nel 1985, basato sull'analisi dettagliata di diversi siti in undici diversi stati americani ha confermato l'efficacia delle r. s. marginali nella riduzione degli incidenti per fuoriuscita del veicolo, riscontrando, però, una diminuzione pari al 20% (riduzione statisticamente significativa al 95% del livello di confidenza) contro il 49% precedente; tale anomalia può essere spiegata dal fatto che i siti presi in esame dal Caltrans sono maggiormente interessati da incidenti di questa tipologia. Dunque, il 20% costituisce il valore che potremmo più di frequente aspettarci della riduzione incidenti per installazione delle r. s. marginali.

La ricerca ha mostrato che gli effetti prodotti dalle r. s. installate in prossimità di un'intersezione sulle velocità veicolari consistono in una riduzione lieve di queste ultime; eventuali rallentamenti non omogenei potrebbero incrementare il rischio di tamponamenti.

E' stato analizzato (43, 45, 46, 49, 50) quanto le r. s. possano indurre i conducenti al rispetto dei dispositivi di controllo del traffico; in particolare tali studi hanno preso in considerazione il segnale di STOP in prossimità delle intersezioni. Soffermandosi sulle tre situazioni:

1. stop completo;
2. stop parziale (con il veicolo in movimento);
3. non stop;

l'osservazione diretta ha evidenziato che il "non fermarsi affatto" da parte degli automobilisti avviene di rado. L'installazione delle r. s., poi, accresce sicuramente l'aliquota di coloro che effettuano lo stop completo.

Le r. s. sono state adoperate anche come dispositivi di controllo del traffico in presenza di cantieri stradali causanti restringimenti di carreggiata, deviazioni e quant'altro necessiti di forti rallentamenti per un transito veicolare in tutta sicurezza. Dai pochi studi (56-60) miranti a valutare l'efficacia delle r. s. installate in prossimità di cantieri non si sono ottenuti risultati apprezzabili.

Le r. s., da quanto si è detto, sono dei dispositivi di controllo del traffico orientati a migliorare le condizioni di sicurezza nella circolazione stradale; la loro installazione, talvolta, determina alcuni inconvenienti per certe categorie di utenti, che è bene portare a conoscenza delle società di gestione stradale impegnate nella scelta del tipo e dell'ubicazione più opportuna. Potrebbero conseguire, infatti, disagi legati;

- al rumore prodotto;
- all'invasione della corsia di traffico opposta per evitare le r. s.;
- alla manutenzione di tali dispositivi;
- all'uso della strada da parte dei motociclisti, dei ciclisti e dei camion;
- ad operazioni come lo spazzamento della strada dalla neve. Il rumore è la problematica più gravosa; esso ha ristretto l'uso delle r. s. nelle aree residenziali. Per ovviare a ciò si è cercato di agire sulle caratteristiche di altezza, di profondità e di forma. Uno studio condotto da Higgins e Barbel (61) ha affermato che le r. s. producono un rumore a bassa frequenza che incrementa di 7dB(A) quello generato dal traffico su normali pavimentazioni. Logicamente le r. s. disposte ai limiti della piattaforma stradale disturberebbero in maniera minore i residenti in zona, in quanto il rumore si originerebbe soltanto per veicoli percorrenti traiettorie errate.

**Costi:** i dati sono disponibili solo per casi limitati in quanto, usualmente, gli importi relativi sono inclusi in altre voci di pagamento nell'ambito dei contratti di costruzione stradale. I costi per il posizionamento delle r. s. in sede stradale

sono, tipicamente, valutati a ml di barra o di solco oppure a forfait, per esempio, per tutta l'intersezione. Le r. s. essendo disposte trasversalmente alla via di marcia, la valutazione a ml è determinata dalla misurazione lungo ciascuna barra o solco. Le barre sono realizzate con materiale bituminoso posizionato sulla pavimentazione stradale; i solchi sono ottenuti scavando o tagliando la superficie suddetta. Dati del 1991 stimano per le r. s. in barre un costo di 10.000£ circa a ml mentre per le r. s. in solchi, un costo che varia da 6.000 a 15.000 a ml. In un'analisi a forfait per un'installazione di r. s. in prossimità di un'intersezione abbiamo un costo che si aggira al milione di lire per entrambe le due tipologie. I prezzi indicati sono suscettibili di notevoli variazioni in funzione delle specifiche contrattuali.

Le r. s. marginali realizzate su una pavimentazione asfaltata hanno costi all'incirca equivalenti a quelli relativi alle r. s. installati in sede stradale.

Se si ottenessero attraverso una rullatura, lasciando solchi, durante l'operazione di compattazione dell'asfalto sui margini, i costi potrebbero stimarsi nel range che va da 300.000 a 1.200.000£ per miglia, per elementi continui di ampiezza compresa tra 0,60 e 1,50m e disposte lungo il limite stradale.

La realizzazione delle r. s. marginali su di una superficie di conglomerato cementizio ha costi, generalmente, inclusi in quelli per l'esecuzione della superficie su cui si intende operare. La durezza dell'aggregato, influenzando le difficoltà delle operazioni di scavo e di taglio, determina la variabilità del prezzo. Dati del 1992 indicano un costo, per un solco ampio 1cm e profondo 1/2 cm, pari a circa 23.000£ a ml.

Le r. s. installate in prossimità di cantieri hanno un costo orientativo di 8.000£ per strip. Essendo ciascuna strip di ampiezza 60cm, ne occorre una certa quantità per coprire lo spazio interessato.

La vita utile delle r. s. dovrebbe essere analoga a quella della pavimentazione sulla quale sono installate: 7-8 anni per le superfici asfaltate; 25 anni o più per le superfici di conglomerato cementizio. Tempi più ridotti (circa 5 anni) sono stati osservati per le pavimentazioni asfaltate di stazioni di pedaggio e di intersezioni a seguito di una maggiore usura per effetto dell'azione frenante esercitata dai veicoli ed in particolare dai camion. Per le r. s. disposte, temporaneamente, in prossimità di cantieri sorge il problema, di difficile soluzione, di realizzare una buona aderenza fra esse e la superficie pavimentata: del materiale, infatti, rischia di venire asportato piuttosto facilmente.

- **roadside devices:** questi includono sia dispositivi di tipo continuo, quali “guide posts” e “post mounted delineators”, sia dispositivi di tipo puntuale,

quali “chevrons”, “curve alignment markers”, “object markers”. I **guide posts** sono paletti leggeri, di altezza pari a 0.9 – 1.2 m, posizionati a 0.6 – 3.0 m dal bordo della corsia esterna. Essi devono essere poco costosi, facili da trasportare, economici da installare e sostituire, resistenti a condizioni meteorologiche estreme, non devono costituire un pericolo per i guidatori, e non devono rappresentare un ostacolo psicologico per l’utente stradale che mantenga il veicolo nella corretta posizione. Essi sono disponibili in diversi materiali, inclusi legno, fibra di vetro, alluminio e plastica. I guide posts portano generalmente attaccato un elemento riflettente, definito **post mounted delineator (PMD)** fornendo, in tal caso, assistenza nella guida notturna. Triggs, Harris e Fildes (1979) hanno dimostrato che la combinazione delle strisce centrali e dei guide posts dotati di PMD consentono, nelle ore notturne, una migliore valutazione della traiettoria da mantenere. Aumentando il numero dei paletti in corrispondenza delle curve si ottiene, poi, una migliore delineazione orizzontale delle stesse. Good e Baxter (1985) hanno trovato che i PMD rappresentano la migliore forma di delineazione stradale a lunga distanza, e che la combinazione dei PMD con strisce di margine di larghezza pari a 150 mm soddisfano le esigenze dei guidatori sia per la delineazione a lunga distanza che per quella immediata. L’efficacia dei guide posts in termini di sicurezza è stata dimostrata in vari studi, ad esempio: Bissell (1993) riporta uno studio americano in base al quale l’installazione di PMD sulle curve di strade a due corsie produce una riduzione degli incidenti superiore al 30%; la UK County Surveyors’ Society (1989) indica che su strade a carreggiata unica l’installazione di guide posts è associata a una riduzione statisticamente significativa, pari al 67 %, del numero di incidenti, e che per strade a carreggiate separate la riduzione è dell’ordine del 30%; in Australia, Vincent (1978) ha riscontrato una riduzione degli incidenti nelle ore notturne dopo l’installazione di PMD pari al 60%, contro il 21% di riduzione per le sezioni delle stesse autostrade dove questi non erano stati installati; tuttavia, uno studio finlandese (Kahlberg, 1991) diffida dall’estensione di questi risultati a strade di livello inferiore: su strade extraurbane a due corsie, con limite di velocità pari a 80 Km/h, si è riscontrato un aumento della velocità media di 5 Km/h, in seguito all’introduzione di paletti riflettenti, e un conseguente aumento del 20% del numero di incidenti. **Chevrons**: la delineazione delle curve orizzontali costituisce un elemento critico, specie per le curve isolate con raggio inferiore a 600 m (Johnston, 1982), e gli chevrons sono, appunto, comunemente usati per segnalare ai guidatori le curve pericolose ed altre situazioni quali presenza di isole e barriere centrali. Gli chevrons fanno

parte spesso di un insieme di misure di delineazione, per cui è difficile isolare il loro specifico effetto, ma la UK County Surveyors' Society (1989) ha riscontrato riduzioni statisticamente significative del numero di incidenti in 9 dei 18 siti per i quali risultavano disponibili dati, con valori superiori al 70%. **Curve alignment markers (CAM):** sono costituiti da chevrons montati su paletti, caratterizzati da colori fortemente contrastanti (es. nero su giallo o rosso su giallo) (Bhatnagar, 1994; Jennings e Demetsky, 1985). Bhatnagar (1994) ha sviluppato relazioni fra la velocità di avvicinamento e la velocità prevista in curva, le quali indicano che i CAM sono adatti quando sussiste una differenza le due velocità di circa 20 Km/h, con una spaziatura fra i CAM stessi che risulti funzione della velocità di avvicinamento e del raggio della curva. Sempre Bhatnagar (1994) raccomanda di utilizzare i CAM solo per segnalare le curve pericolose e non anche altre situazioni, per non ridurne l'efficacia. Jennings e Demetsky hanno verificato che i guidatori reagiscono positivamente ai CAM, in quanto questi segnalano le curve pericolose più efficacemente dei guide posts. Tignor (1993), riporta che negli USA i segnalatori di curva dotati di riflettori portano ad una riduzione potenziale degli incidenti del 30%. **Object markers:** sono segnalatori da applicare ad elementi pericolosi presenti sulla rete stradale, quali spalle di ponti, sottopassi, ringhiere, canali, alberi, pali, ecc. Bissell (1993) afferma che non esistono studi specifici atti a determinare l'efficacia di uno specifico segnalatore, ma che tali dispositivi, posti in punti particolari quali ponti stretti, producono una riduzione del numero di incidenti pari al 40%.

### 1.2.5 IL FATTORE UMANO

La segnaletica, quale elemento centrale di connessione nella complessa catena sistemica rappresentata dal quadrinomio “uomo – veicolo – strada – ambiente”, costituisce l'elemento critico, in quanto legato al fattore più debole, quello umano.

E' opportuno, quindi, che la segnaletica formi l'oggetto di uno specifico studio integrato con il progetto geometrico e funzionale dell'infrastruttura, e che sia centrato sul fattore umano, più che su quello tradizionale delle relazioni veicolo – strada, per rispondere alle reali esigenze di sicurezza degli utenti e dei terzi (Ranzo, Cantisani) (62).

La segnaletica, di per se, è inutile se i guidatori non la vedono, non la interpretano correttamente, non reagiscono agli stimoli ricevuti e non la seguono. Si segnala uno



studio (Grossi) (63) che analizza la segnaletica come stimolo cui dovrebbe corrispondere un prefissato comportamento dei guidatori, fornendo elementi per un'analisi quantitativa. Gli utenti della strada non hanno, però, caratteristiche omogenee: per esempio, ci sono differenze sostanziali tra guidatori esperti e non (Drummond, 1989) (64), avendo gli ultimi:

- difficoltà nel giudicare velocità, distanza e tempi di reazione;
- tendenza a concentrarsi sugli oggetti vicini;
- mancato recepimento di informazioni importanti, per incapacità di percepirne la rilevanza;
- scarsa percezione di come una certa situazione possa diventare pericolosa;
- tendenza a fissare lo sguardo su un oggetto per tempi più lunghi;
- difficoltà nell'integrazione delle informazioni;
- sottostima del rischio di coinvolgimento in incidenti.

D'altra parte, i guidatori più maturi, con acuità visiva e capacità di processare le informazioni ridotte, possono trovarsi in difficoltà nelle situazioni che richiedono rapidità di decisione (specialmente nelle intersezioni), hanno bisogno di più tempo per percepire le informazioni fornite dalla segnaletica, hanno difficoltà nella guida notturna e si affaticano più facilmente (Schlackman and Winstone, 1988 TRB) (65).

Sono, quindi, tre gli aspetti della prestazione umana da considerare:

1. il processo delle informazioni;
2. le caratteristiche visuali;
3. le caratteristiche delle informazioni da fornire agli utenti.

#### 1. il processo delle informazioni:

riconoscere che gli utenti hanno una capacità limitata di processare informazioni è cruciale per la progettazione di un ambiente stradale sicuro (AASHTO, 1990) (66); (Cumming, 1964) (67); (Cumming and Croft, 1973) (68); (Hulbert, 1982) (69); (Wickens, 1984) (70); (Dewar, 1993) (71); (Andreassen, 1985) (72); (Naatanen and Summala, 1976) (73); (Williams and O'Neill, 1974) (74). Il guidatore può essere assistito in molti modi:

- fornendo informazioni progressive, dove possibile;
- evitando segnalazioni improvvise;
- limitando la quantità di informazioni;
- chiedendo una serie di decisioni semplici e non una singola complessa;

Il tempo di reazione, ossia il periodo di tempo che intercorre fra la comparsa del segnale e la reazione fisica del guidatore, è una caratteristica innata, che cresce con la complessità della decisione da prendere e con il contenuto dell'informazione. Una decisione complessa o inattesa, con parecchie alternative, comporta un tempo di reazione considerevolmente più lungo di una decisione semplice, da prendere con un margine di anticipo. Lunghi tempi di processo di un'informazione tolgono, poi, tempo ad altre informazioni, aumentando le possibilità di errore (Lumenfeld and Alexander, 1984) (75).

Il tempo di reazione comprende quattro elementi (Garber and Hoel, 1988) (76):

- percezione: l'uso di capacità visive per rilevare un segnale;
- identificazione: il guidatore identifica il segnale e così riceve lo stimolo;
- emozione: il guidatore decide quale comportamento tenere in risposta allo stimolo;
- volontà: il guidatore attua la decisione presa.

Il tempo di reazione è condizionato da un ampio spettro di caratteristiche individuali: esperienza, capacità di guida, grado di allerta, motivazione, comportamento rischioso, livello di alcool, ecc. Studi sulla reazione dei guidatori agli stimoli hanno mostrato, per molte situazioni, una media del tempo di reazione pari a 2,5 sec, ma una varianza molto alta delle distribuzioni dei tempi di reazione (McCornick and Sanders, 1982) (77); (Garber & Hoel, 1988).

Per ridurre tali valori è opportuno:

- incoraggiare la familiarità;
- minimizzare il numero di alternative;
- fornire informazioni positive;
- fornire avvertimenti anticipati;
- usare segnali simbolici (Ells and Dewar, 1979) (78); (Donald, 1995) (79).

2. le caratteristiche visuali: (80) (81) (82).

bisogna tener conto del complesso fenomeno della visione umana:

- psicofisica della visione;
- percezione e trattamento delle informazioni;
- valori di soglia caratteristici: leggibilità e visibilità della segnaletica;

e di condizioni critiche di percezione:

- contrasto di luminanze;
- abbagliamento;

- contrasto cromatico.

Ranzo (83) fornisce un esempio di metodologia di controllo dei fattori ambientali.

3. le caratteristiche delle informazioni da fornire agli utenti:

- cospicuità (il segnale deve essere visto);
- leggibilità (il suo messaggio deve poter essere letto);
- comprensibilità;
- credibilità.

Si segnala una ricerca condotta negli Stati Uniti per valutare la maggiore leggibilità dei segnali stradali apportata dall'adozione di un altro tipo di carattere identificato attraverso considerazioni sulla visione notturna e sui nuovi materiali utilizzati.

## 1.3 OGGETTO DELLA RICERCA

Obiettivo della ricerca è la realizzazione di linee guida di natura tecnica per l'esecuzione di interventi di sostanziale miglioramento della segnaletica e di adeguamento della stessa a standard di sicurezza opportunamente studiati.

I documenti da produrre, ciascuno costituente il risultato di una delle fasi della ricerca, sono:

1. **Rapporto dettagliato sullo stato dell'arte della sicurezza della circolazione in relazione alla segnaletica**, contenente almeno:
  - 1a. Analisi degli studi sperimentali e teorici condotti, in campo nazionale e internazionale, sugli elementi della segnaletica più influenti sulla sicurezza:
    - definizione dell'effetto della delineazione delle corsie sul posizionamento dell'utente all'interno della corsia e sugli incidenti per invasione di corsie adiacenti da parte del veicolo;
    - definizione dell'effetto delle strisce di margine sul numero di incidenti per fuoriuscita di strada;
    - definizione dei metodi di segnalazione delle curve pericolose e dei corrispondenti effetti sulla sicurezza;
    - definizione dei metodi di segnalazione degli elementi al margine della carreggiata (pali, alberi, ecc.) che possano causare problemi d'impatto;
    - definizione dei metodi di segnalazione delle uscite autostradali e dei corrispondenti effetti sulla sicurezza;
    - definizione dell'effetto del presegnalamento della riduzione del numero di corsie

in corrispondenza delle uscite autostradali sul numero di manovre errate;

- definizione dell'effetto delle rumble strips sul rispetto dei dispositivi di controllo del traffico e sulla riduzione del numero di incidenti;
- definizione dell'effetto della colorazione speciale di particolari elementi geometrici della carreggiata (banchine, spartitraffico), sul corretto posizionamento del veicolo nella corsia;
- definizione dell'effetto dei pannelli a messaggio variabile sulla prevenzione degli incidenti in ambito urbano ed extraurbano.

1b. Analisi dei criteri seguiti e dei software utilizzati per la realizzazione di segnaletica rispondente ai requisiti di:

- Uniformità;
- Omogeneità;
- Congruenza;
- Coerenza;
- Frequenza ottimale (in relazione alla segnaletica di avvertimento);
- Familiarità.

## **2. Studio delle relazioni fra le caratteristiche della segnaletica e la sicurezza:**

- Valutazione della comprensibilità dei segnali e dell'efficacia, nel tempo, del messaggio trasmesso;
- Determinazione dei requisiti minimi di visibilità della segnaletica verticale (angolo di osservazione; cospicuità; colore; contrasto; retroriflettenza per unità di area dei materiali; ecc.);
- Determinazione dei fattori che influenzano la retroriflettenza e la vita utile dei segnali;
- Determinazione dei requisiti minimi di visibilità e retroriflettenza della segnaletica orizzontale;
- Determinazione dei valori minimi di distanza e di tempo richiesti per la leggibilità della segnaletica verticale durante la guida notturna;
- Determinazione dell'impatto delle rumble strips sulle utenze deboli e valutazione di soluzioni alternative.

## **3. Relazioni sperimentali fra segnaletica e comportamento dell'utente:**

- Effetti della segnaletica sulla velocità;
- Effetti della segnaletica sulle svolte;
- Effetti della segnaletica sui sorpassi;

- Effetti della segnaletica sull'atteggiamento dell'utente: livello di attenzione, distanziamento fra i veicoli, ecc.
- 4. Analisi di incidentalità before-after da eseguirsi su tratti sperimentali, con riferimento a condizioni variabili di geometria stradale, capacità psicofisiche dell'utente e condizioni ambientali, per valutare l'influenza degli elementi della segnaletica di seguito elencati:**
- delineazione delle corsie;
  - strisce di margine;
  - segnalazione delle curve pericolose;
  - segnalazione degli elementi al margine della carreggiata;
  - segnalazione delle uscite autostradali;
  - presegnalamento della riduzione del numero di corsie in corrispondenza delle uscite autostradali;
  - rumble strips;
  - colorazione speciale di particolari elementi geometrici della carreggiata (banchine, spartitraffico);
  - pannelli a messaggio variabile.
- 5. Linee guida per il progetto della sicurezza della circolazione, in relazione alla segnaletica, per le diverse tipologie stradali:**
- Individuazione dei parametri da adottare come indicatori della sicurezza considerando almeno:
    - numero di Km di strada con delineazione orizzontale della carreggiata rapportato all'estensione della rete nazionale;
    - % di curve pericolose segnalate opportunamente;
    - % di incroci regolati efficacemente;
    - % di strada soggetta a manutenzione periodica della segnaletica verticale;
    - % di strada soggetta a manutenzione periodica della segnaletica orizzontale;
    - % di strada dotata di dispositivi di segnalazione di ostacoli;
    - % di strada servita da PMV.
  - Definizione di un livello minimo di sicurezza della rete stradale caratterizzato da valori assegnati a ciascuno dei suddetti indici;
  - Definizione di un piano di adeguamento dei suddetti indici al livello minimo di sicurezza stabilito, supportato da una analisi benefici-costi.
- 6. Progettazione di un sistema informativo della segnaletica con**

**applicazione dello stesso ad un tratto pilota, che assolva almeno alle seguenti funzioni:**

- Censimento di tutti i cartelli esistenti, insieme alle principali caratteristiche associate (tipo di segnale, qualità dei materiali, dimensione, posizione, stato di conservazione, ordinanza, data di fabbricazione, ecc.) ed ordinamento secondo criteri di uniformità delle informazioni relative alla segnaletica esistente;
- Accatastamento di tutte le informazioni rilevate sulla base di alcune caratteristiche principali (tipologia di cartello, data di installazione, collocazione, strada, ecc.), che dia luogo ad un catasto informatizzato della segnaletica;
- Approvvigionamento. Rapporto sulla disponibilità di cartelli in magazzino, al fine di verificare periodicamente la necessità di effettuare nuovi ordini;
- Manutenzione. Nel sistema informativo dovrà essere possibile indicare lo stato di conservazione di ogni singolo cartello. Tale informazione dovrà essere aggiornabile in modo semplice e rapido sulla base di sopralluoghi, segnalazioni o altro.
- Scadenzario. Un apposito elenco dovrà indicare i cartelli da sostituire in un arco di tempo prescelto (sei mesi, un anno, ecc.);
- Riorganizzazione. Dovranno essere previste alcune funzioni di supporto che agevolino le procedure di progetto o di riorganizzazione della segnaletica di una strada o di una zona. Occorre avere la possibilità di rappresentare mappe dettagliate dei cartelli direttamente sulla cartografia di base o su appositi schemi di tracciato. Nella progettazione della nuova segnaletica potrà essere utile avere in linea i riferimenti normativi e i testi dei regolamenti di esecuzione e avere la possibilità di calcolare parametri variabili.

**7. Progetto di un sistema di informazioni in tempo reale:**

- Quantità e tipo di informazioni da trasmettere;
- Messaggi più efficaci;
- Modalità di segnalamento;
- Definizione dei parametri di efficacia per valutare:
  - i progetti;
  - i sistemi.

**8. Proposta di integrazione delle norme sulla segnaletica.**

## 2 MODALITÀ DI ESECUZIONE E ARTICOLAZIONE PER FASI

La ricerca si articolerà in 10 fasi, per ognuna delle quali si riportano di seguito le modalità esecutive e il prodotto finale.

### Fase 1

**Modalità esecutive:** analisi bibliografica e consultazione degli istituti esteri che affrontano la problematica della sicurezza della circolazione stradale in relazione alla segnaletica con le metodologie più avanzate.

**Prodotto finale:** rapporto dettagliato sullo stato dell'arte della sicurezza della circolazione in relazione alla segnaletica.

### Fase 2

**Modalità esecutive:** studio delle relazioni fra le caratteristiche della segnaletica e la sicurezza mediante il lavoro coordinato di un gruppo di esperti nei settori: controllo del traffico; sistemi di comunicazione; psicofisica della visione; ingegneria dei materiali.

**Prodotto finale:** rapporto contenente le relazioni individuate.

### Fase 3

**Modalità esecutive:** elaborazione statistica di dati dedotti da osservazioni effettuate su tratti pilota.

**Prodotto finale:** rapporto contenente le relazioni sperimentali fra la segnaletica e il comportamento dell'utente.

### Fase 4

**Modalità esecutive:** analisi degli incidenti precedenti e successivi alle modifiche apportate al sistema segnaletico tenendo conto delle capacità psico-fisiche dell'utente. I tratti pilota devono trovarsi in differenti aree geografiche, devono comprendere tutti i tipi di strada ed essere rappresentativi della varietà di condizioni ambientali e di traffico che possono riscontrarsi in Italia.

**Prodotto finale:** rapporto con i dati ricavati dalle analisi di incidentalità.

## **Fase 5**

**Modalità esecutive:** lavoro di un gruppo di esperti nei settori delle infrastrutture e della pianificazione dei trasporti utilizzando i risultati dell'analisi bibliografica e l'elaborazione dei dati sperimentali rilevati nelle fasi 3 e 4.

**Prodotto finale:** linee guida preliminari per il progetto della sicurezza della circolazione, in relazione alla segnaletica, per le diverse tipologie stradali.

## **Fase 6**

**Modalità esecutive:** progettazione di un sistema informativo della segnaletica con applicazione dello stesso ad un tratto pilota.

**Prodotto finale:** linee guida per la realizzazione del catasto della segnaletica.

## **Fase 7**

**Modalità esecutive:** progetto di un sistema di informazioni in tempo reale.

**Prodotto finale:** linee guida per la progettazione dei PMV.

## **Fase 8**

**Modalità esecutive:** prosieguo della fase 4.

**Prodotto finale:** rapporto con i dati ricavati dalle analisi di incidentalità.

## **Fase 9**

**Modalità esecutive:** prosieguo della fase 5.

**Prodotto finale:** linee guida finali per il progetto della sicurezza della circolazione, in relazione alla segnaletica, per le diverse tipologie stradali.

## **Fase 10**

**Modalità esecutive:** analisi delle norme vigenti e confronto con i risultati delle ricerche.

**Prodotto finale:** proposta di revisione e aggiornamento delle normative sulla segnaletica



## 2.1 TEMPI, RISORSE E COSTI

Di seguito si riporta un diagramma il programma temporale della ricerca, con stima dei costi e delle risorse necessarie. I costi di seguito indicati sono comprensivi delle spese generali dell'ente di ricerca.

I costi delle risorse umane sono stati così ipotizzati:

- Senior ..... 50'000'000 £/mese
- Junior 1 ..... 38'000'000£/mese
- Junior 2 ..... 30'000'000£/mese
- Tecnico laureato ..... 20'000'000£/mese
- Tecnico non laureato ..... 10'000'000£/mese

La ricerca sarà in buona parte conclusa al termine del primo anno, con un costo di 885 milioni.

Nel secondo anno, con una integrazione di spesa pari a 385 milioni, sarà possibile eseguire ulteriori analisi di incidentalità e redigere sia delle linee di progetto della segnaletica basate sui risultati delle analisi before-after che una proposta di aggiornamento della normativa sulla segnaletica.

**Tabella 1 Tempi, risorse e costi della ricerca**

Fase		I° anno				II° anno				Costo (10 <sup>6</sup> £)	
1	Bibliografia									60 (0.1 senior+0.5 junior2 + 2 l)	
2	Studio dei requisiti della segnaletica									140 (0.5 junior1 + 2 junior2 + 3 l)	
3	Analisi del comportamento dell'utente									130 (1 junior2 + 1 l + 8 nl)	
4	Analisi di incidentalità 1									110 (0.5 junior1 + 1 junior2 + 1.25 l + 3.5 nl)	
5	Linee progetto 1									125 (1.5 senior + 1.65 junior2)	
6	Catasto informatizzato									200 (0.5 junior1 + 2 junior2 + 4 l + 4nl)	
7	PMV									120 (0.5 junior1 + 2 junior2 + 2 l)	<b>885</b>
8	Analisi di incidentalità 2									110 (0.5 junior1 + 1 junior2 + 1.25 l + 3.5 nl)	
9	Linee progetto 2									125 (1.5 senior + 1.65 junior2)	
10	Integrazione norme									150 (1 senior + 2 junior2 + 2 l)	<b>385</b>
<b>Totale</b>										<b>1260</b>	

## 2.2 MODALITÀ DI ARCHIVIAZIONE DEI DATI E DEI RISULTATI CONSEGUITI

Il rapporto conclusivo di ciascuna delle fasi della ricerca dovrà essere presentato secondo le seguenti modalità:

- rapporto su carta;
- cd-rom con relazioni in formato Word, dati in formato ASCII o su cartelle di lavoro excel;
- documentazione fotografica e su videocassetta dei rilievi di incidente;
- grafici esplicativi degli incidenti analizzati.

## **3 QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE**

### **3.1 COMPETENZE NECESSARIE**

Le competenze minime richieste sono le seguenti:

- Esperienza nell'ingegneria delle infrastrutture viarie;
- Esperienza nella pianificazione dei trasporti;
- Esperienza nell'ingegneria dei materiali;
- Esperienza nella psicofisica della visione;
- Esperienza nelle analisi di incidentalità;
- Esperienza nei sistemi di comunicazione;
- Esperienza nella ricostruzione della dinamica degli incidenti;
- Esperienza nella rilevazione del traffico;
- Esperienza nella specificazione, implementazione, calibrazione e validazione di modelli multivariati;
- Esperienza nel rilevamento ed elaborazione dati.

### **3.2 CRITERI DI AGGIUDICAZIONE E DI COLLAUDO**

I criteri per l'aggiudicazione dell'incarico saranno i seguenti:

- qualificazione professionale e scientifica del proponente (certificazioni di qualità, risorse disponibili, personale impiegato, curriculum, capacità di ricerca in campi affini, pubblicazioni in campi affini) (sino a 70 punti),
- offerta economica,
- qualità della relazione di offerta (sino a 10 punti).

Il collaudo sarà svolto mediante esame annuale dei risultati intermedi conseguiti.

## BIBLIOGRAFIA

1. Loschiavo Corrado, "Il piano della segnaletica come prevenzione per la sicurezza", *Circolazione & Sicurezza Stradale*, Gen. 2000.
2. L'indagine 3M sulla segnaletica stradale, *Le strade* N° 1350 Sett. 1999.
3. Sortino Alcide, I segnali non devono aiutare a farsi male, *Onda Verde* N° 31 Sett./Ott. 1994.
4. Sortino Alcide, Pannelli integrativi fantasia al potere, *Onda Verde* N° 35, Magg./Giu. 1995.
5. Sortino Alcide, Deregolamentiamo il Regolamento, c'è l'Europa, *Onda Verde* N° 32 Nov./Dic. 1994.
6. Arnao Gaspare, Segnaletica problemi aperti e possibili soluzioni, *Le Strade* N° 1354 , G/F 2000.
7. Arnao Gaspare, l'importanza della segnaletica di indicazione, *Le Strade* N° 1340, Sett. 1998.
8. Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale del Ministero dei LL.PP., Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica, oltrechè sui criteri per la sua installazione e la sua manutenzione, in itinere.
9. Jorgensen Finn, Wentzel-Larsen Tore, Optimal use of warning signs in traffic, *Accident Analysis & Prevention*, Nov. 1999.
10. Sortino Alcide, L'Europa è ancora lontana, *Le Strade* N°1354 , G/F 2000.
11. Sortino Alcide, Segnalare le uscite nelle vie di grande traffico, *Le Strade* N°1355 , Marzo 2000.
12. Cavallari Eugenio, Segnali stradali a messaggi variabili, *Dimensione Strada* N°1, G/F 1993.
13. Merendi Lorenzo, Il contributo attuale e futuro delle nuove tecnologie, *Le Strade* N° 1350, Sett. 1999.
14. Miller John S., Smith Brian L., Newman Bruce R., Demetsky Michael J., Effective use of variable message signs: lessons learned through development of user's manual, *Transportation Research Record* N° 1495, 1995.
15. NCHRP Synthesis 237, Changeable message signs: a synthesis of highway practice, TRB, Washington, D.C. 1997.
16. Reitani Giuseppe, *Circolazione stradale e segnaletica orizzontale: contributo sul tema della sicurezza*, *Trasporti e Trazione*, Febb. 1992.
17. Ogden K. W., *Safer Roads: a guide to road safety engineering*, Department of Civil Engineering Monash University Melbourne, Australia, 1996.
18. Good MC and Baxter GI (1985), Evaluation of short range roadway delineation. ARRB Internal Report 381-1, (Australian Road Research Board, Melbourne).
19. Ross Silcock Partnership (1991), *Toward safer roads in developing countries*. 220 p. (Transportation Research Board, Washington, DC).
20. Johnston IR (1993), The effects of roadway delineation on curve negotiation by both sober and drinking drivers. ARRB Research Report ARR 128, (Australian Road Research Board, Melbourne).
21. Triggs TJ (1980), The influence on oncoming vehicles on automobile lateral position. *Human factors* 22 (4), pp 427-433.
22. Schwab RN and Capelle DG (1980), Is delineation needed? *ITE Journal*, 50 (5), pp 21-28.
23. Nairn RJ and Partners (1987), A review of the cost-effectiveness of road safety measures. Report 10/87 (Road Safety Division, Department of Transport, Adelaide).
24. Jackson J (1981). Safety measures: the contribution of carriageway markings. *The Highway Engineer* 28 (2), pp 2-5.
25. Moses PJ (1986), Edge lines and single vehicle crashes. *Estern Roads* (April) pp 6-8.

26. Tignor SC (1993), Traffic control devices: overview in the traffic safety toolbox, a Primer on traffic safety, pp 45-52 (Institute of Transportation engineers, Washington, DC).
27. Miller TR (1992), Benefit/ cost analysis of lane markings. Transportation Research Record 1334, pp 38-45.
28. Willis PA, Scott PP and Barnes JW (1984), urban safety project: the reading scheme. Laboratory Report LR 1117. 17 p. (Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, UK).
29. County Surveyor's Society (1989), Carriageway Definition. (CSS, Ipswich, UK).
30. Nedas ND, Balcar GP and Macy PR (1982), road markings as an alcohol countermeasure for highway safety: field study of standard and wide edgelines. Transportation Research Record 847, pp 43-47.
31. Lum HS and Hughes WE (1990), edgelines widths and traffic accidents. Public Roads 54 (1), pp 153-158.
32. Cecilia Fernando, Sicurezza / bellezza: cosa si fa (o non si fa) per loro, Onda Verde N° 35, M/G 1995.
33. Fitzpatrick K., Lance M., Lienau T., Effects of pavement markings on driver behaviour at freeway lane drop exits, TRB N° 1495, 1995.
34. McKnight A.S., McKnight A.J., Tippetts A.S., The effect of lane line width and contrast upon lanekeeping, Accident Analysis & Prevention, Vol. 30 N° 5, Sett. 1998.
35. Zwahlen H.T., Schnell T., Visibility of new centerline and edge line pavement markings, TRB N° 1605, 1997.
36. Zwahlen H.T., Schnell T., Visibility of new pavement markings at night under low-beam illumination, TRB N° 1495, 1995
37. Le strade N° 1315, N/D 1995, l'importante è vedere la strada.
38. Hoque MM and Sanderson JT (1988), Road safety countermeasures for rural roads. Report TS88/3. 40 p. (Royal Automobile Club of Victoria).
39. Moses PJ (1985) Cats eyes cost effective. Western roads (October), pp 1-3.
40. Niessener CW (1984), Raised pavement markers at hazardous locations. Report No FHWA-TS-84-215. (Federal Highway Administration, Washington, DC).
41. NCHRP Synthesis 191, Use of rumble strips to enhance safety, TRB, Washington, D.C. 1993.
42. Griffith M.S., Safety evaluation of continuous shoulder rumble strips installed on freeways, TRB, Washington, D.C. 1999.
43. (5) Kermit M.L., Hein T.C., Effect of rumble strips on traffic control and behavior, Proceedings, Highway Research Board, Vol.41, 1962.
44. (6) Kermit M.L., Rumble strips revisited, Traffic Engineering, Feb.1968.
45. (7) Owens R. D., Effect of rumble strip at rural stop locations on traffic operation in Highway Research Record 170, Highway Research Board, National Research Council, 1967.
46. Illinois Division of Highways, Rumble strips used as a traffic control device: an engineering analysis, Accident Study Report N.102, Apr.1970.
47. Sumner R., Shippey J., The use of rumble areas to alert drivers, TRRL Laboratory Report 800, Transport and Road Research Laboratory, Department of the Environment, Department of Transport, Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1977.
48. Virginia Department of Highways and Transportation, An evaluation of the effectiveness of rumble strips, Traffic and Safety Division Evaluation N.81-5, Apr.1991.
49. Carstens R.L., Woo R.Y., Warrants for rumble strips on rural highways, Report N. HR-235, Iowa Highway Research Board, Giu.1982.
50. Zaidel D., Hakkert A.S., Barkan R., Rumble strips and paint stripes at a rural intersection in Transportation Research Record 1069, Transportation Research Board, National Research Council, 1986.

51. Moore A.F., Evaluation of experimental rumble strips, Report N. FHWA/LA-86/186, Louisiana Transportation Research Center, Baton Rouge, Lug.1987.
52. Taylor R.W., Grooved rumble strips as a traffic control device in Pennsylvania State University, 1974.
53. Safety devices on the garden state parkway, Public Works, Feb.1959.
54. Chaudoin J.H., Nelson G., Interstate Routes 15 and 40 shoulder rumble strips, Report N. Caltrans-08-85-1, Traffic Operations Branch-District 8, California Department of Transportation, Ago.1985.
55. Ligon C.M., Carter E.C., Joost D.B., Wolman W.F., Effects of shoulder textured treatments on safety, Report N. FHWA/RD-85/027, Federal Highway Administration, Mag.1985.
56. Richards S.H., Wunderlich R.C., Dudek C.L., Field evaluation of work zone speed control techniques in Transportation Research Board, National Research Council, 1985.
57. Pigman J.G., Agent K.R., Evaluation of 1-75 lane closures: final report, Report N. UKTRP-86-19, Kentucky Transportation Research Program, Lexington, Kentucky, Ago.1986.
58. AKT temporary rumble strips, AKT Corporation, Wauwatosa, Wisconsin.
59. Rumble strips, Ohio Department of Transportation, memorandum non pubblicato, Ott.1987.
60. Noel E.C., Sabra Z.A., Dudek C.L., Work zone traffic management synthesis: use of rumble strips in work zones, Report N. FHWA-TS-89-037, Federal Highway Administration, Lug.1989.
61. Higgins J.S., Barbel W., Rumble strip noise, Transportation Research Board, National Research Council, 1984.
62. Ranzo A., Cantisani G., Aspetti critici nella percezione dei dispositivi di segnalamento, La Sicurezza Stradale, Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Vie e Trasporti, Ott.1997.
63. Grossi R., Il comportamento dei guidatori e la segnaletica. Elementi per un'analisi quantitativa, Le strade N° 1322, Set. 1996.
64. Drummond AE (1989), An overview of novice driver performance issues: a literature review. MUARC Report N° 9. (Monash University Accident Research Centre, Melbourne Australia).
65. Schlackman W and Winstone P (1988), Motoring and the older driver. 40 p. (Automobile Association Foundation for Road Safety Research, Basingstoke, UK).
66. American Association of State highway and Transportation Officials (1990), A policy on geometric design of highways and streets 1990. 1044 p.(AASHTO, Washington, DC).
67. Cumming RW (1964), The analysis of skills in driving. Australian Road Research 1 (9), pp 4-14.
68. Cumming RW and Croft PG (1973), Human information processing under varying task demand. Ergonomics 16 (5), pp 581-586.
69. Hulbert S (1982), Human factors in transportation, in Homburger WS, Keefer LE and McGrath WR (eds), Transportation and Traffic Engineering Handbook (2<sup>nd</sup> Edition), pp 209-234. (Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, for the Institute of Transportation Engineers, Washington, DC).
70. Wickens CD (1984), Engineering psychology and human performance. 513 p. (Charles E Merrill Publishing Co, Columbus, OH, USA).
71. Dewar R (1993), Traffic control devices, highway safety and human factors. Transportation Research Circular 414: Human factors research in highway safety, pp 12-20. (Transportation Research Board, Washington, DC).
72. Andreassen DC (1985), Traffic accidents and advertising signs. Australian Road Research 15 (2), pp 103-105.
73. Naatanen R and Summala H (1976), Road user behaviour and traffic accidents. (North Holland, Amsterdam).

74. Williams AF and O'Neill B (1974), On the road driving records of licensed race drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 6 (3), pp 263-270.
75. Lumenfeld H and Alexander GJ (1984), Human factors in highway design and operations. *ASCE Journal of Transportation Engineering* 110 (2), pp 149-158.
76. Garber NJ and Hoel LA (1988), *Traffic and Highway Engineering*. 959 p. (West Publishing Co., St Paul, MN, USA).
77. McCornick EJ and Sanders MS (1982), *Human factors in engineering and design* (Fifth edition). 615 p. (McGraw Hill, New York).
78. Ells JG and Dewar RE (1979), Rapid comprehension of verbal and symbolic traffic signs messages. *Human Factors* 21 (2), pp 161-168.
79. Donald D (1995), Making traffic signs work: an overview of design and testing procedures. *ARRB special Report 52*. 51 p. (Australian Road Research Board, Melbourne).
80. Sanderson JT and Cameron MH (1986), Identification of hazardous road locations. *Proc. 13<sup>th</sup> Australian Road Research Board Conference* 13 (9), pp 133-147.
81. C.D.P.V. (Commissione Prevenzione Difesa Vista), se l'occhio tradisce, l'automobilista nel fosso finisce, *Onda Verde* N° 32, N/D 1994.
82. Cole BL (1972), Visual aspect of road engineering. *Proc. 6<sup>th</sup> Australian Road Research Board Conference* 6 (1), pp 223-238.
83. Ranzo A., Cantisani G., Analysis and verifications for critical visual conditions, *Road Safety in Europe; 9a Conferenza Internazionale*, Colonia, 1998.
84. Dupe J., Peyronne C., Signalisation et réglementation, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
85. Peyronne C, Sardou T., Winkelmuller R., Le logiciel CORINE, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
86. Baumstark B., De l'ordre et du desordre, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
87. Mangin S., Homologation, certification ASQUER, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
88. Brailly M., Rennesson C., Coloration des revêtements routiers et sécurité routière, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
89. Corfidir M., Produits de marquage de Chaussée visibles de nuit par temps de pluie, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
90. Pilli- Sihvola Y., Tevajärvi A., En Filande une expérience de signalisation variable, *Revue générale des routes et des aérodromes* n° 733, Ott.1995.
91. De Clerck P., Descornet G., Visibilité des marquages routiers, *Bulletin CRR* n°20, 3° trimestre 1994.
92. Jehaes S., Thijs M., Les dispositifs de ralentissement de la vitesse, *Bulletin CRR* n°31, 2° trimestre 1997.